La energía como variable de diseño arquitectónico: generación distribuida colectiva y su rol en la transformación del hábitat construido

Energy as an architectural design variable: collective distributed generation and its role in the transformation of the built environment

Alción de las Pléyades Alonso Frank
Universidad Nacional de San Juan, Argentina | CONICET
arqalcionfrank@gmail.com
0000-0002-9227-3449

Resumen

La transición hacia sistemas energéticos descentralizados plantea nuevos desafíos para la arquitectura, particularmente cuando la generación renovable se incorpora de manera distribuida y colectiva al hábitat construido. En este contexto, la energía puede superar su consideración como criterio de evaluación del desempeño para constituirse en una dimensión activa del proceso proyectual. El objetivo de este trabajo es analizar conceptualmente las implicancias de concebir la energía como variable de diseño arquitectónico en contextos de generación distribuida colectiva y sistematizar las relaciones entre condiciones energéticas y decisiones de proyecto. Se adopta un enfoque cualitativo, analítico y exploratorio, basado en una revisión de literatura científica reciente y en un análisis relacional de variables energéticas, arquitectónicas y espaciales. Como resultado, se desarrolla una matriz de integración energía-proyecto estructurada en cinco componentes, correspondientes a variable energética, variable arquitectónica, decisión proyectual, efecto esperado y escala de intervención. La sistematización permite identificar relaciones que operan a escala de edificio, conjunto y barrio, evidenciando que la generación distribuida colectiva amplía el campo de decisiones arquitectónicas al incorporar condiciones de proximidad, complementariedad, infraestructura compartida y organización espacial. La principal contribución del trabajo consiste en proponer una estructura conceptual que hace explícita la articulación entre desempeño energético y proyecto arquitectónico, superando una aproximación centrada exclusivamente en la incorporación de tecnologías. Se concluye que la matriz constituye un

instrumento metodológico transferible cuya aplicación y validación mediante casos de estudio y herramientas de evaluación energética se plantea como una línea futura de investigación.

Palabras clave: Comunidades energéticas locales; diseño arquitectónico sostenible; eficiencia energética; envolvente arquitectónica; energía solar fotovoltaica

Abstract

The transition manners of decentralized energy systems pose new challenges for architecture, particularly when renewable generation is incorporated into the built environment in a distributed and collective manner. In this context, energy can move beyond its consideration as a performance assessment criterion to become an active dimension of the design process. This paper aims to conceptually analyses the implications of considering energy as an architectural design variable in contexts of collective distributed generation and to systematize the relationships between energy conditions and design decisions. A qualitative, analytical and exploratory approach is adopted, based on a selective review of recent scientific literature and a relational analysis of energy, architectural and spatial variables. As a result, an energy–design integration matrix is developed, structured around five components: energy variable, architectural variable, design decision, expected effect and scale of intervention. The systematization identifies relationships operating at building, ensemble and neighborhood scales, showing that collective distributed generation expands the scope of architectural decisions by incorporating conditions of proximity, complementarity, shared infrastructure and spatial organization. The main contribution of the paper lies in proposing a conceptual framework that makes explicit the relationship between energy performance and architectural design, moving beyond an approach focused exclusively on technology integration. The matrix constitutes a transferable methodological instrument whose application and validation through case studies and energy assessment tools are proposed as avenues for future research.

Keywords: local energy communities; sustainable architectural design; energy efficiency; building envelope; photovoltaic solar energy

Recibido: 13/06/2026

Aceptado: 30/10/2026

DOI:

Huellas se encuentra bajo la licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.



1. Introducción

La transición hacia sistemas energéticos descentralizados está modificando las relaciones entre producción, consumo y gestión de la energía en el hábitat construido (Bray et al., 2024; Fouladvand, 2024). La expansión de la generación distribuida (GD) y de las comunidades energéticas (CE) incorpora nuevas formas de producción y uso compartido de recursos renovables, al tiempo que desplaza progresivamente la cuestión energética desde la escala exclusiva de la infraestructura hacia espacios donde intervienen edificios, usuarios, redes y territorio (Belloni et al., 2025). Las CE constituyen, en este sentido, configuraciones sociotécnicas cuya implementación depende tanto de condiciones tecnológicas y regulatorias, como de factores espaciales y contextuales que condicionan sus posibilidades de desarrollo (Lode et al., 2022).

Este proceso plantea un desafío específico para la arquitectura. Conforme la investigación de Wang et al. (2024), las decisiones adoptadas durante las primeras etapas del proyecto condicionan una parte significativa del desempeño posterior del edificio, particularmente aquellas relacionadas con la configuración geométrica, la orientación, la envolvente y la relación entre superficies opacas y transparentes. Los autores señalan que las variables arquitectónicas de diseño confirman, además, que su incidencia no es uniforme, sino que depende del objetivo de desempeño considerado y del contexto en el que se desarrolla el proyecto. La dimensión energética, por tanto, no constituye una condición que pueda incorporarse exclusivamente mediante sistemas activos una vez definida la configuración arquitectónica, sino una dimensión susceptible de intervenir en la definición inicial de alternativas proyectuales (Wang et al., 2024; Lu et al., 2024).

La integración de tecnologías renovables profundiza esta relación entre energía y arquitectura (Bonomo et al., 2024). En particular, los sistemas fotovoltaicos integrados en edificios deben responder simultáneamente a requerimientos eléctricos, térmicos, ópticos, constructivos y formales (Belloni et al., 2024). Su incorporación modifica las condiciones de la envolvente y puede establecer relaciones de compromiso entre generación eléctrica, comportamiento térmico, iluminación natural, confort visual y expresión arquitectónica (Martín-Chivelet et al., 2022). La evolución reciente de las tecnologías fotovoltaicas y de las herramientas para su integración confirma que el diseño de estos sistemas requiere considerar conjuntamente sus prestaciones energéticas y las características arquitectónicas del edificio (Bonomo et al., 2024). En consecuencia, la generación renovable no constituye necesariamente un componente añadido al proyecto, sino que puede participar en la definición de sus superficies, geometrías y sistemas constructivos (Zhao et al., 2023).

Esta condición adquiere una dimensión diferente cuando la generación y el consumo se organizan de manera colectiva (Gianaroli et al., 2024). En estos casos, la capacidad de generación, la demanda energética y las posibilidades de intercambio dependen de la relación espacial entre diferentes edificios y de la

disponibilidad de superficies y espacios aptos para incorporar infraestructura energética (Schito et al., 2024). Estudios recientes muestran que la forma y la función del tejido urbano pueden modificar significativamente el desempeño de las CE, lo que evidencia que el entorno construido no constituye un soporte neutro para su funcionamiento (Mussawar et al., 2023). Del mismo modo, investigaciones orientadas a la transición desde edificios de energía positiva hacia comunidades de energía positiva proponen indicadores específicos para evaluar la proximidad, la cobertura de generación y la correspondencia entre excedentes y demanda, mostrando la necesidad de incorporar criterios energéticos en decisiones de planificación y localización (Cai & Gou, 2024).

Desde esta perspectiva, la relación entre energía y arquitectura presenta un problema que excede la incorporación de tecnologías renovables (Hassan & El-Rayes, 2024). La literatura avanza en la identificación de variables arquitectónicas relevantes para el desempeño energético, en la integración de sistemas fotovoltaicos y en la evaluación del potencial de las CE (Wang et al., 2024b; Ahmed et al., 2024). Sin embargo, estos campos suelen abordar de manera diferenciada las condiciones energéticas, las características físicas del edificio y las decisiones proyectuales, lo que limita su articulación temprana dentro de un proceso integrado de diseño (Wang et al., 2024b). El desafío consiste, por tanto, en establecer una relación explícita que permita traducir una determinada condición energética en una variable arquitectónica susceptible de intervención, identificar la decisión proyectual asociada y anticipar su incidencia sobre el desempeño energético del hábitat (Bhatia et al., 2024).

Esta necesidad es relevante desde la arquitectura porque las variables energéticas no operan necesariamente en una única escala, sino que pueden adquirir implicancias diferenciadas según se consideren el edificio, el conjunto o el barrio (Sassenou et al., 2024). Mientras determinadas condiciones pueden resolverse mediante decisiones relativas a la orientación, la volumetría o la envolvente de un edificio, otras requieren considerar simultáneamente la configuración de varios edificios, las superficies disponibles para generación, las relaciones de proximidad y las infraestructuras energéticas que articulan el conjunto (Madessa et al., 2024). La investigación de Scanagatta & Condotta (2025) sobre el diseño de CE señala que la incorporación de sistemas de generación renovable puede modificar los espacios de proximidad y plantea la necesidad de estrategias de integración que atiendan las características ambientales, paisajísticas y espaciales específicas de cada lugar. La energía puede así dejar de constituir una condición circunscripta al edificio para convertirse en un criterio capaz de articular decisiones y estrategias a diferentes escalas del hábitat, desde la edificación hasta el barrio y el distrito (Healey Trulsrud & van der Leer, 2024).

En este contexto, el problema de investigación radica en la ausencia de una estructura que explicite la relación entre condiciones energéticas y decisiones arquitectónicas en contextos de generación distribuida colectiva (GDC). El desafío no consiste únicamente en definir qué tecnologías incorporar, sino en

comprender cómo generación, demanda, exposición solar, almacenamiento e intercambio pueden intervenir en la forma, la envolvente, la organización espacial y las relaciones entre edificios. En consecuencia, la investigación se pregunta cómo incorporar tempranamente la dimensión energética al proceso de diseño arquitectónico en contextos de GDC y cómo ello amplía el campo de decisiones proyectuales en las distintas escalas del hábitat. El objetivo es analizar y sistematizar estas relaciones mediante una matriz de integración energía-proyecto que vincule condiciones energéticas, variables arquitectónicas, decisiones proyectuales, efectos esperados y escalas de intervención.

La hipótesis conceptual sostiene que considerar tempranamente la energía como variable de diseño permite ampliar las decisiones arquitectónicas y explicitar las relaciones entre desempeño energético, configuración espacial e infraestructura, superando una incorporación de los sistemas energéticos posterior a la definición arquitectónica. En contextos de GDC, esta incorporación extiende además la escala del problema desde el edificio hacia el conjunto y el barrio. En respuesta, se propone una matriz que traduce cada condición energética en una variable arquitectónica susceptible de intervención, una decisión proyectual, un efecto esperado y una escala de actuación. Así, la energía deja de entenderse únicamente como una prestación del edificio para constituirse en una condición activa del proyecto y de la transición energética del hábitat.

2. Desarrollo

2. 1. De la eficiencia energética a la energía como variable de diseño

La incorporación de criterios de desempeño energético en las primeras etapas del proyecto arquitectónico resulta relevante dado que decisiones sobre configuración espacial, orientación, envolvente, superficies opacas y transparentes y protección solar condicionan las posibilidades posteriores de optimización (Wang et al., 2024). Desde esta perspectiva, la eficiencia energética deja de constituir únicamente una condición de evaluación aplicada a una solución definida y pasa a intervenir en la configuración del proyecto. Las herramientas de simulación energética permiten incorporar información cuantitativa para comparar alternativas y orientar decisiones desde etapas tempranas, tanto en el edificio como en escalas superiores (Pan et al., 2023; Sağdıçoğlu et al., 2024).

Este desplazamiento permite comprender la energía como una dimensión activa del proyecto, en la que demanda, captación, transformación y uso participan en la definición de alternativas arquitectónicas. La incorporación de generación renovable profundiza esta relación cuando los sistemas se integran a la envolvente y condicionan superficies disponibles, configuración formal y resolución constructiva (Bonomo et al., 2024). Así, determinadas decisiones

arquitectónicas pueden incidir simultáneamente sobre la configuración espacial y el desempeño energético.

2. 2. Integración de generación renovable y configuración arquitectónica

La incorporación de generación renovable introduce una relación directa entre producción energética y configuración arquitectónica, particularmente cuando los sistemas fotovoltaicos tradicionales, bifaciales o semitransparentes se integran a la envolvente del edificio, en cubiertas, fachadas o elementos de protección solar (Belloni et al., 2024). Esta integración exige considerar conjuntamente los comportamientos eléctrico, térmico y óptico del sistema dado que sus parámetros de diseño pueden afectar simultáneamente la generación eléctrica, las condiciones térmicas y el aprovechamiento de la luz natural (Zhang et al., 2024). La evolución de las tecnologías fotovoltaicas amplía las posibilidades de integración de estos sistemas en distintos componentes y configuraciones arquitectónicas, favoreciendo su incorporación como parte de la envolvente del edificio (Faes et al., 2025).

En consecuencia, variables como orientación, geometría, inclinación, disponibilidad de superficies y sombreado adquieren relevancia energética, mientras que las exigencias de iluminación natural, control solar, materialidad y composición de fachada pueden condicionar el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos (Belloni et al., 2024; Constantinou, 2024). La generación renovable deja así de entenderse como una instalación añadida y pasa a participar en la definición de la envolvente y de las decisiones proyectuales.

2. 3. De la generación distribuida individual a la dimensión colectiva del proyecto

La GD desplaza parte de la producción energética hacia emplazamientos próximos a los puntos de consumo, diferenciándose del modelo centralizado basado en grandes unidades de generación alejadas de los usuarios (Chabla-Auqui et al., 2023). Las CE amplían esta lógica al articular generación y participación colectiva en torno a sistemas energéticos descentralizados, cuya configuración y desarrollo dependen de condiciones tecnológicas, institucionales y contextuales (Lode et al., 2022). Cuando la generación y el consumo se articulan entre varios edificios, la demanda y la producción energética adquieren una dimensión espacial. La forma urbana, los usos, la densidad, la altura, la compactación y la composición del conjunto pueden condicionar el desempeño energético de estas comunidades (Mussawar et al., 2023). De este modo, la disposición de los edificios y sus relaciones espaciales adquieren relevancia en la configuración del sistema energético colectivo.

Esta transformación se evidencia en el pasaje de edificios de energía positiva a comunidades de energía positiva, donde la evaluación incorpora la delimitación espacial, los excedentes, la relación entre producción y demanda y las posibilidades de intercambio (Cai & Gou, 2024). La escala colectiva introduce nuevas decisiones vinculadas con la localización de sistemas de generación, la incorporación de infraestructura energética compartida y la articulación entre edificios con diferentes perfiles de uso (Tuerk et al., 2021).

La GDC no supone únicamente ampliar la generación individual, sino trasladar el problema energético hacia una escala en la que intervienen las relaciones entre edificios, infraestructuras y entorno urbano. La energía comienza así a articular edificio, conjunto y entorno urbano, incorporando relaciones de complementariedad, infraestructura compartida y organización espacial en la configuración de las CE (Blečić et al., 2025). La integración de sistemas renovables puede modificar los espacios de proximidad de las comunidades y requiere estrategias de integración sensibles a las características ambientales y espaciales de cada lugar (Scanagatta & Condotta, 2025). En determinados contextos, la articulación entre áreas con diferente potencial de generación permite ampliar las posibilidades de incorporación de energía renovable y favorecer el intercambio energético dentro de la comunidad, incluso en sectores urbanos donde existen restricciones para su instalación (Tarpani et al., 2025).

2. 4. La articulación energía–proyecto como problema de diseño

La incorporación temprana de criterios energéticos no depende únicamente de disponer de información sobre el desempeño, sino de convertirla en conocimiento operativo para la toma de decisiones arquitectónicas. Si bien los modelos de desempeño permiten relacionar alternativas de diseño con resultados energéticos, su incorporación efectiva requiere procesos colaborativos desde las primeras etapas del proyecto (Ouldja et al., 2024; Hashempour et al., 2024). Esta cuestión adquiere mayor complejidad cuando las decisiones energéticas involucran simultáneamente edificios, infraestructuras, espacios colectivos y sistemas urbanos. En este contexto, las CE pueden operar como infraestructuras socioecológicas que articulan producción energética, equipamientos y espacios colectivos, ampliando el campo de actuación arquitectónica más allá del objeto edilicio (Leone et al., 2023). El problema no reside, por tanto, únicamente en identificar variables que inciden sobre el desempeño, sino en establecer cómo una condición energética puede traducirse en una variable arquitectónica, una decisión proyectual y un efecto verificable, reconociendo además la escala en la que esa relación adquiere relevancia.

Esta necesidad fundamenta la matriz de integración energía–proyecto propuesta en el presente artículo, concebida como una estructura que explicita la correspondencia entre condición energética, variable arquitectónica, decisión

proyectual, efecto esperado y escala de intervención. Su propósito es hacer operativa la incorporación de la energía al proyecto sin reducirla a un problema exclusivamente técnico.

3. Metodología

La investigación adopta un enfoque cualitativo, de carácter analítico y exploratorio, orientado a sistematizar las relaciones entre energía y proyecto arquitectónico en contextos de generación distribuida colectiva. El procedimiento se desarrolla en tres etapas articuladas.

En la primera etapa se realiza una revisión bibliográfica selectiva de literatura científica reciente sobre desempeño energético en etapas tempranas de diseño, integración arquitectónica de generación renovable, GD y CE, priorizando estudios que abordaran explícitamente sus implicancias espaciales y proyectuales.

En la segunda etapa se efectúa un análisis relacional destinado a identificar correspondencias entre condiciones energéticas y variables arquitectónicas susceptibles de intervención proyectual. Se consideran, entre otras, las relaciones entre radiación, demanda, generación, orientación, configuración volumétrica, envolvente, superficies disponibles, sombreado y organización espacial.

En la tercera etapa estas relaciones se sistematizan mediante una matriz de integración energía–proyecto, estructurada en cinco componentes: variable energética, variable arquitectónica, decisión proyectual, efecto esperado y escala de intervención. Esta última distingue los niveles de edificio, conjunto y barrio.

El resultado metodológico no pretende sustituir procedimientos de cálculo o simulación energética, sino establecer una estructura conceptual que facilite la incorporación temprana de información energética en la toma de decisiones arquitectónicas.

4. Resultados

El análisis permitió identificar y sistematizar relaciones recurrentes entre condiciones energéticas, variables arquitectónicas y decisiones de proyecto. El resultado principal es una matriz de integración energía–proyecto que organiza estas relaciones y explicita cómo una condición energética puede traducirse en una decisión arquitectónica, qué efecto se espera de ella y en qué escala de intervención adquiere relevancia.

La matriz se estructura en cinco componentes articulados. La variable energética identifica la condición que incide sobre el desempeño; la variable arquitectónica reconoce el componente del proyecto sobre el que es posible intervenir; la decisión proyectual traduce esa relación en una acción de diseño;

el efecto esperado establece su incidencia sobre el desempeño energético; y la escala determina el ámbito espacial en el que la relación opera, diferenciando edificio, conjunto y barrio.

Tabla 1

Matriz de integración energía–proyecto

Variable energética	**Variable arquitectónica**	**Decisión proyectual**	**Efecto esperado**	**Escala**
Radiación solar	Orientación y morfología	Definición de implantación y configuración volumétrica	Favorecer captación solar y control de ganancias	Edificio
Demanda térmica	Envolvente	Selección de materialidad, aislamiento, aberturas y protección solar	Reducir demanda energética	Edificio
Potencial de generación	Cubierta y fachada	Integración de superficies fotovoltaicas	Incrementar generación local	Edificio
Sombreado	Relación entre volúmenes	Definición de distancias, alturas y disposición	Mejorar exposición solar disponible	Conjunto
Generación compartida	Espacios e infraestructura común	Localización y articulación de sistemas colectivos	Facilitar producción y gestión compartida	Conjunto
Balance energético	Organización urbana	Relación entre edificios, usos y superficies disponibles	Favorecer complementariedad entre demanda y generación	Barrio

La sistematización muestra, en primer lugar, que las condiciones energéticas pueden actuar como determinantes de decisiones arquitectónicas y

no únicamente como criterios posteriores de evaluación. La radiación solar se relaciona con la orientación y la morfología, mientras que la demanda térmica se vincula con la configuración de la envolvente, sus aberturas, materialidad, aislamiento y protección solar. En ambos casos, una misma decisión proyectual interviene simultáneamente sobre la configuración espacial y sobre el desempeño energético. La matriz hace visible esta doble incidencia y permite incorporarla durante la definición inicial del proyecto.

En segundo lugar, la generación renovable amplía el campo de variables susceptibles de consideración arquitectónica. Cubiertas y fachadas dejan de constituir únicamente componentes de la envolvente y pasan a incorporar una función potencial de generación energética. Su orientación, geometría, exposición solar y disponibilidad superficial adquieren, por tanto, relevancia proyectual. La generación renovable se integra así al proyecto mediante decisiones sobre configuración y materialización de las superficies, en lugar de considerarse exclusivamente como equipamiento incorporado una vez resuelta la arquitectura.

Un tercer resultado corresponde a la diferenciación de escalas de intervención. A escala de edificio, las relaciones identificadas se concentran en orientación, volumetría, envolvente y superficies de generación. A escala de conjunto, adquieren relevancia las relaciones entre volúmenes, particularmente frente al sombreado, la exposición solar y la localización de infraestructura compartida. A escala de barrio, la organización espacial permite considerar conjuntamente edificios, usos y superficies disponibles en relación con las condiciones de demanda y generación. La matriz muestra así que determinadas variables energéticas no pueden resolverse adecuadamente mediante el análisis aislado de cada unidad edilicia.

Esta diferenciación permite reconocer que la GDC modifica la unidad espacial de análisis del problema energético. La incorporación de sistemas compartidos introduce relaciones entre edificios que afectan las posibilidades de generación, gestión y articulación energética. El proyecto arquitectónico adquiere, en consecuencia, un campo de intervención que comprende tanto la configuración individual de los edificios como las relaciones espaciales que los vinculan.

La matriz permite además distinguir dos tipos de incidencia proyectual. Por una parte, se identifican decisiones orientadas a reducir la demanda, asociadas principalmente con orientación, morfología, envolvente y control solar. Por otra, se reconocen decisiones destinadas a incorporar y articular generación renovable, vinculadas con superficies disponibles, integración fotovoltaica e infraestructura compartida. Esta diferenciación establece una secuencia de intervención en la que la generación renovable complementa, y no sustituye, las estrategias arquitectónicas destinadas a mejorar el desempeño pasivo.

El aporte metodológico de los resultados reside en establecer una estructura de traducción entre desempeño energético y proyecto arquitectónico. A diferencia de una clasificación de tecnologías o de un listado de estrategias, la matriz relaciona condición energética, variable arquitectónica, decisión proyectual,

efecto esperado y escala de intervención. Esta estructura permite transformar información energética en criterios operativos para el proyecto y, al mismo tiempo, identificar qué decisiones requieren ser abordadas de manera individual y cuáles dependen de relaciones espaciales colectivas. A su vez, se destaca que la matriz no prescribe soluciones formales únicas ni reemplaza procedimientos de cálculo, simulación o evaluación energética. Su función es organizar el proceso de decisión y establecer relaciones susceptibles de posterior verificación mediante indicadores de desempeño. En este sentido, constituye un instrumento conceptual transferible que puede adaptarse a diferentes condiciones climáticas, morfológicas, tecnológicas y urbanas.

La sistematización realizada evidencia que considerar la energía como variable de diseño amplía el campo de actuación del proyecto arquitectónico desde la configuración del edificio hacia las relaciones entre edificios, infraestructura y estructura urbana. La GDC constituye, en este marco, no solo una modalidad de producción energética, sino una condición que introduce nuevas relaciones espaciales y proyectuales. El aporte central de la matriz consiste en hacer operativa esta articulación, proporcionando una estructura para pasar de la identificación de una condición energética a una decisión arquitectónica situada y potencialmente verificable.

5. Discusión y conclusiones

Los resultados permiten sostener que considerar la energía como variable de diseño modifica la manera de abordar su incorporación al proyecto arquitectónico. La energía deja de operar exclusivamente como criterio posterior de evaluación o como requerimiento asociado a la incorporación de tecnologías y pasa a intervenir en la definición de alternativas de configuración espacial, envolvente, generación e infraestructura. Esta perspectiva es sumamente relevante en contextos de generación distribuida colectiva (GDC), donde las relaciones energéticas exceden los límites del edificio y alcanzan el conjunto y el barrio.

En este marco, la principal contribución del trabajo es la matriz de integración energía-proyecto, concebida como una estructura de traducción entre desempeño energético y decisión arquitectónica. Su aporte reside en establecer una secuencia relacional que vincula condición energética, variable arquitectónica, decisión proyectual, efecto esperado y escala de intervención. Esta organización permite transformar información energética en criterios operativos de proyecto y reconocer, desde etapas tempranas, qué decisiones corresponden al edificio y cuáles requieren abordar las relaciones espaciales entre diferentes unidades edilicias. La matriz permite, asimismo, superar una aproximación centrada exclusivamente en la incorporación de generación renovable. Los resultados muestran que las decisiones orientadas a reducir la demanda mediante configuración, orientación, volumetría y envolvente

constituyen el punto de partida, mientras que la generación renovable y la infraestructura compartida amplían posteriormente las posibilidades de articulación energética. La energía se incorpora, así, como una dimensión transversal del proyecto, capaz de relacionar desempeño ambiental, configuración arquitectónica, infraestructura y organización espacial.

Desde una perspectiva académica, el trabajo aporta una estructura conceptual sistematizable y transferible para abordar la interfaz entre conocimiento energético y proyecto arquitectónico. Desde una perspectiva profesional, ofrece un marco de apoyo para incorporar esta información en la toma de decisiones proyectuales, evitando que la evaluación energética quede desvinculada de las decisiones que construyen la arquitectura. Su aplicación no prescribe soluciones formales, sino que permite identificar relaciones de diseño susceptibles de ser evaluadas y ajustadas según las condiciones climáticas, morfológicas, tecnológicas y territoriales de cada proyecto.

El estudio establece una base conceptual y exploratoria para el desarrollo de la propuesta. Como continuidad de esta investigación, futuras etapas contemplarán su contrastación mediante casos de estudio, simulaciones y evaluación de proyectos concretos, con el propósito de profundizar en su consistencia, transferibilidad y capacidad para orientar decisiones proyectuales verificables.

Por lo expuesto precedentemente, el trabajo desplaza el problema desde la incorporación de tecnología energética al proyecto hacia la incorporación de la energía en el proceso de proyecto. La GDC constituye, en este sentido, una oportunidad para ampliar la actuación arquitectónica desde el edificio hacia las relaciones que conforman el hábitat construido. El aporte central consiste, por tanto, en hacer operativa esa transición mediante una matriz que permite pasar de una condición energética identificada a una decisión arquitectónica situada, con un efecto esperado y una escala de intervención definida. Esta estructura establece un puente entre evaluación energética y práctica proyectual y abre una vía para que la arquitectura no solo incorpore tecnologías de transición energética, sino que participe activamente en la configuración espacial de sistemas energéticos más descentralizados y colectivos.

6. Referencias

Ahmed, S., Ali, A., & D'Angola, A. (2024). A Review of Renewable Energy Communities: Concepts, Scope, Progress, Challenges, and Recommendations. *Sustainability, 16*(5), 1749. https://doi.org/10.3390/su16051749

Bhatia, A., Dontu, S., Garg, V., & Singh, R. (2024). Approach for energy efficient building design during early phase of design process. *Energy Informatics, 7,* 122. https://doi.org/10.1186/s42162-024-00426-z

Bray, R., Ford, R., Morris, M., Hardy, J., & Gooding, L. (2024). The co-benefits and risks of smart local energy systems: A systematic review. *Energy Research & Social Science, 115*, 103608. https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103608

Belloni, E., Ferrucci, T., Fioriti, D., Tumiati, A., & Poli, D., (2025). Global diffusion and key features of Energy Communities with a main focus on building loads modelling and management: A review. *Applied Energy, 399,* 126461. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126461

Belloni, E., Bianchini, G., Casini, M., Faba, A., Intravaia, M., Laudani, A., & Lozito, G. M. (2024). An overview on building-integrated photovoltaics: Technological solutions, modeling, and control. *Energy and Buildings, 324,* 114867. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114867

Blečić, I., Carrus, A. S., Congiu, E., Desogus, G., Muroni, E., & Saiu, V. (2025). Renewable energy communities design: A decision support tool for integrated impact assessment. Insights from the first REC in Cagliari, Italy. *Journal of Cleaner Production, 510,* 145600. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145600

Bonomo, P., Frontini, F., Loonen, R., & Reinders, A. H. M. E. (2024). Comprehensive review and state of play in the use of photovoltaics in buildings. *Energy and Buildings, 323,* 114737. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114737

Cai, S. & Gou, Z. (2024). Transitioning positive energy buildings towards positive energy Communities: Leveraging performance indicators for site planning assessments. *Energy and Buildings, 325,* 114976. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114976

Chabla-Auqui, L., Ochoa-Correa, D., Villa-Ávila, E., & Astudillo-Salinas, P. (2023). Distributed generation applied to residential self-supply in South America in the decade 2013–2023: A literature review. *Energies, 16*(17), 6207. https://doi.org/10.3390/en16176207

Constantinou, S., Al-naemi, F., Alrashidi, H., Mallick, T., & Issa, W. (2024). A review on technological and urban sustainability perspectives of advanced building-integrated photovoltaics. *Energy Science & Engineering, 12*(3), 1265-1293. https://doi.org/10.1002/ese3.1639

Faes, A., Virtuani, A., Quest, H., Maturi, L., Scognamiglio, A., Frontini, F., Schlueter, A. Martin-Chivelet, N., Reinders, A., & Ballif, C. (2025). Building-

integrated photovoltaics. *Nature Reviews Clean Technology, 1,* 333-350. https://doi.org/10.1038/s44359-025-00059-9

Fouladvand, J. (2024). Why and how can agent-based modelling be applied to community energy systems? A systematic and critical review. *Energy Research & Social Science, 114,* 103572. https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103572

Gianaroli, F., Preziosi, M., Ricci, M., Sdringola, P., Ancona, M. A., & Melino, F. (2024). Exploring the academic landscape of energy communities in Europe: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production, 451,* 141932. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141932

Hashempour, N., Zadeh, P. A., & Staub-French, S. (2024). Understanding the integration of building energy modeling into the building design process: Insights from two collaborative construction projects. *Buildings, 14*(11), 3379. https://doi.org/10.3390/buildings14113379

Hassan, A. A. & El-Rayes, K. (2024). Optimizing preliminary design of new buildings with integrated onsite renewable energy systems. *Journal of Architectural Engineering, 30*(3). https://doi.org/10.1061/JAEIED.AEENG-1642

Healey Trulsrud, T., & van der Leer, J. (2024). Towards a positive energy balance: A comparative analysis of the planning and design of four positive energy districts and neighbourhoods in Norway and Sweden. *Energy and Buildings, 318,* 114429. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114429

Leone, M. F., Amirante, R., & Sferratore, A. (2023). Renewable energy communities as public architectures and socio-ecological infrastructures. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, (26), 173-183. https://doi.org/10.36253/techne-14481

Lode, M. L., te Boveldt, G., Coosemans, T., & Ramirez Camargo, L. (2022). A transition perspective on Energy Communities: A systematic literature review and research agenda. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 163,* 112479. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112479

Lu, S., Luo, Y., Gao, W., & Lin, B. (2024). Supporting early-stage design decisions with building performance optimisation: Findings from a design experiment. *Journal of Building Engineering, 82,* 108298. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108298

Madessa, H. B., Shakerin, M., Reinskau, E. H., & Rabani, M. (2024). Recent progress in the application of energy technologies in Large-Scale building Blocks: A state-of-the-art review. *Energy Conversion and Management, 305,* 118210. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118210

Martín-Chivelet, N., Kapsis, K., Wilson, H. R., Delisle, V., Yang, R., Olivieri, L., Polo, J., Eisenlohr, J., Roy, B., Maturi, L., Otnes, G., Dallapiccola, M., & Wijeratne, W. M. P. U. (2022). Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) products and systems: A review of energy-related behavior. *Energy and Buildings, 262,* 111998. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111998

Mussawar, O., Rajeevkumar Urs, R. R., Mayyas, A. T. & Azar, E. (2023). Performance and prospects of urban energy communities conditioned by the built form and function: A systematic investigation using agent-based modeling. *Sustainable Cities and Society, 99*, 104957. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104957

Ouldja, S. A., Demian, P. & Eftekhari, M. (2024). The impact of architects' reasoning on early design decision-making for energy-efficient buildings. *Sustainability, 16*(18), 8220. https://doi.org/10.3390/su16188220

Pan, Y., Zhu, M., Lv, Y., Yank, Y., Liang, Y., Yin, R., Yang, Y., jia, X., Zeng, F., Huang, S., Hou, D., Xu, L., Yin, R., & Yuan, X. (2023). Building energy simulation and its application for building performance optimization: A review of methods, tools, and case studies. *Advances in Applied Energy, 10*, 100135. https://doi.org/10.1016/j.adapen.2023.100135

Sağdıçoğlu, M. S., Yenice, M. S., & Tel, M. Z. (2024). The use of energy simulations in residential design: A systematic literature review. *Sustainability, 16*(18), 8138. https://doi.org/10.3390/su16188138

Sassenou, L.-N., Olivieri, F., Civiero, P., & Olivieri, L. (2024). Methodologies for the design of positive energy districts: A scoping literature review and a proposal for a new approach (PlanPED). *Building and Environment, 260,* 111667. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111667

Scanagatta, C., & Condotta, M. (2025). The design of energy communities: Optimising environment, time and place. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment,* (29), 149-160. https://doi.org/10.36253/techne-16591

Schito, E., Taverni, L., Conti, P., & Testi, D. (2024). Optimization of the composition of residential buildings in a renewable energy community based

on monitored data. *Optimization and Engineering, 26,* 733-751. https://doi.org/10.1007/s11081-024-09913-4

Wang, X., Teigland, R., & Hollberg, A. (2024). Identifying influential architectural design variables for early-stage building sustainability optimization. *Building and Environment, 252*, 111295. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111295

Wang, Z., Akbarzadeh, M., & Aviv, D. (2024b). Multi-objective design exploration for integrated structural-environmental performance of buildings: A review. *Energy and Buildings, 322,* 114638. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114638

Tarpani, E., Hong, T., Pigliautile, I., Zhang, W., Sun, K., Pioppi, B., & Pisello, A. L. (2025). On renewable energy community implementation in historic cities: A city-scale validated model. *Energy and Buildings, 338,* 115709. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115709

Tuerk, A., Frieden, D., Neumann, C., Latanis, K., Tsitsanis, A., Kousouris, S., Llorente, J., Heimonen, I., Reda, F., Ala-Juusela, M., Allaerts, K., Caerts, C., Schwarzl, T., Ulbrich, M., Stosch, A., & Ramschak, T. (2021). Integrating Plus Energy Buildings and Districts with the EU Energy Community Framework: Regulatory Opportunities, Barriers and Technological Solutions. *Buildings, 11*(10), 468. https://doi.org/10.3390/buildings11100468

Zhang, W., Sun, Y., & Lin, Z. (2024). Coupled evaluation of the optical-thermal-electrical performance of customized building-integrated photovoltaic components. *Renewable Energy, 223,* 119994. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.119994.

Zhao, H., Yang, R. J., Liu, C., & Sun, C. (2023). Solar building envelope potential in urban environments: A state-of-the-art review of assessment methods and framework. *Building and Environment, 244,* 110831. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110831